

# AKTINOID IZOTOPLARINING $\Gamma$ -SPEKTRAL XUSUSIYATLARI VA $\Delta I = 1$ O‘TISHLARINING ICHKI NURLANISH DOZIMETRISI HAMDA RADIOBIOLOGIK TA’SIRGA TA’SIRI

Temirov Fazliddin Nuriddinovich  
Samarqand davlat tibbiyot universiteti

## Аннотация

Aktinoid izotoplari hozirgi radiobiologiya va yadroviy tibbiyotda katta ilmiy va amaliy qiziqish uyg‘otib, xususan selektiv alfa-terapiyada samarali radiofarmatsevtik manbalar sifatida qaralmoqda. Ushbu ishda og‘ir juft-juft aktinoid yadrolarining  $\gamma$ -spektroskopik xossalari, jumladan  $\gamma$ -spektrlarida namoyon bo‘ladigan  $\Delta I=1$  turidagi elektromagnit o‘tishlar hamda rotatsion polosalardagi spektral noan’anaviyliklar - “qoqilib ketish” yoki backbending effekti - ichki nurlanish dozimetrisi va hujayra darajasidagi biologik javob bilan bog‘liq holda tadqiq etiladi. Aniqligi yuqori bo‘lgan  $\gamma$ -spektroskopik o‘lchovlar, Monte-Carlo usullariga tayangan dozimetrik modellashtirish hamda in vitro sharoitda bajarilgan radiobiologik tajribalar majmuasi asosida yadroviy spektral belgilar va biologik ta’sirlar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklarni aniqlash imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Bunday yondashuv aktinoid yadrolarining tuzilish xususiyatlari nurlanish energiyasining fazoviy taqsimlanishi va hujayra ichidagi energiya yutilish jarayonlariga qanday ta’sir ko‘rsatishini chuqurroq baholashga imkon beradi.

Olingan natijalar aktinoid asosidagi radiofarmatsevtik preparatlarning xavfsizlik ko‘rsatkichlarini baholash hamda alfa-terapiya usullarining davolash samaradorligini oshirishda yadroviy struktura haqidagi fundamental ma’lumotlarni hisobga olish muhimligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ushbu tadqiqot yadroviy spektroskopiya va radiobiologiya o‘rtasidagi fanlararo bog‘liqlikni yanada aniqlashtiradi va klinik qo‘llanmalar uchun istiqbolli ilmiy yondashuvlarni shakllantirishga xizmat qilishi mumkin.

**Kalit so‘zlar:** aktinoidlar,  $\gamma$ -spektroskopiya,  $\Delta I = 1$  o‘tishlar, backbending, ichki dozimetrisi, radiobiologiya, targeted alpha therapy.

Aktinoid izotoplarining  $\gamma$ -spektral xususiyatlari va  $\Delta I = 1$  o‘tishlarining ichki nurlanish dozimetrisi hamda radiobiologik ta’sirga ta’siri

## $\Gamma$ -SPECTRAL PROPERTIES OF ACTINIDE ISOTOPES AND THE INFLUENCE OF $\Delta I = 1$ TRANSITIONS ON INTERNAL RADIATION DOSIMETRY AND RADIOBIOLOGICAL EFFECTS

Temirov Fazliddin Nuriddinovich  
Samarkand State Medical University

## Annotation

Actinide isotopes are of great scientific and practical interest in modern radiobiology and nuclear medicine, in particular, they are considered as effective radiopharmaceutical sources in selective alpha therapy. In this work, the  $\gamma$ -spectroscopic properties of heavy pair actinide nuclei, including the electromagnetic transitions of the  $\Delta I = 1$  type manifested in their  $\gamma$ -spectra and spectral anomalies in the rotational bands - the "stumbling" or backbending effect - are studied in connection with internal radiation dosimetry and biological response at the cellular level. The possibilities of determining the correlations between nuclear spectral signatures and biological effects are considered based on a set of high-precision  $\gamma$ -spectroscopic measurements, dosimetric modeling based on Monte Carlo methods, and radiobiological experiments performed in vitro. This approach allows for a more in-depth assessment of how the structural properties of actinide nuclei affect the spatial distribution of radiation energy and intracellular energy absorption processes.

The results obtained demonstrate the importance of taking into account fundamental information about nuclear structure in assessing the safety indicators of actinide-based radiopharmaceuticals and improving the therapeutic efficacy of alpha-therapy methods. At the same time, this study further clarifies the interdisciplinary relationship between nuclear spectroscopy and radiobiology and may serve to formulate promising scientific approaches for clinical applications.

**Keywords:** actinides,  $\gamma$ -spectroscopy,  $\Delta I = 1$  transitions, backbending, internal dosimetry, radiobiology, targeted alpha therapy.

$\gamma$ -spectral properties of actinide isotopes and the impact of  $\Delta I = 1$  transitions on internal radiation dosimetry and radiobiological effects.

## **Kirish**

Aktinoid elementlar - toriydan kaliforniygacha bo'lgan og'ir radioaktiv yadrolar sinfi - yadroviy energetika bilan bir qatorda zamonaviy yadroviy tibbiyot va radiobiologiyada ham muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Ushbu elementlarning yadroviy parchalanish xususiyatlari, xususan yuqori chiziqli energiya uzatilishiga ega alfa-zarralar chiqarishi, ularni saraton kasalligini davolashga qaratilgan zamonaviy radioterapiya usullarida istiqbolli radiofarmatsevtik manbalar sifatida qo'llash imkonini bermoqda. Ayniqsa,  $^{225}\text{Ac}$  va  $^{227}\text{Th}$  kabi aktinoid izotoplari alfa-nurlanishning yuqori biologik samaradorligi tufayli maqsadli radioterapiyada keng ilmiy qiziqish uyg'otmoqda.

Shu bilan birga, aktinoid yadrolarining alfa-parchalanish jarayonlari ko'pincha qo'shimcha  $\gamma$ -kvantlar emissiyasi bilan hamroh bo'ladi. Ushbu  $\gamma$ -nurlanish ichki nurlanish dozimetrisi, radiatsion xavfsizlik va biologik himoyalaniq nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega. Gamma-kvantlarning energiya spektri va intensivligi hujayra va to'qima darajasida energiya yutilish jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatib, radiobiologik javobning shakllanishiga qo'shimcha hissa qo'shishi mumkin. Shu sababli aktinoid izotoplarining  $\gamma$ -spektroskopik xususiyatlarini chuqur va tizimli o'rganish radiofarmatsevtik preparatlarning xavfsizligi va klinik samaradorligini baholashda muhim ilmiy masala hisoblanadi.

Og‘ir juft-juft yadrolarning  $\gamma$ -spektrlarida kuzatiladigan  $\Delta I=1$  turidagi elektromagnit o‘tishlar yadro strukturasi va rotatsion harakatning muhim ko‘rsatkichlaridan biridir. Bunday o‘tishlar, odatda, past energiyali  $\gamma$ -chiziqlar hosil qilib, rotatsion polosalardagi konfiguratsion qayta tuzilishlar bilan bog‘liq bo‘ladi. Ayrim hollarda ushbu qayta tuzilishlar yadro moment-inertsiasining keskin o‘zgarishi bilan kechib,  $\gamma$ -spektrda “qoqilib ketish” (backbending) effekti sifatida namoyon bo‘ladi. Natijada  $\gamma$ -nurlanish intensivliklari va energetik taqsimoti sezilarli darajada qayta taqsimlanadi. Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi aktinoid izotoplarining  $\gamma$ -spektrlarida kuzatiladigan  $\Delta I=1$  o‘tishlarining ichki nurlanish dozimetriasi hamda hujayra darajasidagi radiobiologik javoblarga ta‘sirini ilmiy asosda va tizimli ravishda tahlil qilishdan iborat. Yadro strukturasi bilan bog‘liq spektral xususiyatlarni biologik effektlar bilan bog‘lash orqali ushbu ish aktinoid asosidagi radiofarmatsevtik vositalarning xavfsizlik ko‘rsatkichlarini aniqlash va maqsadli radioterapiya samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy yondashuvlarni rivojlantirishga xizmat qiladi.

## Nazariy asoslar

### 1. $\Delta I = 1$ $\gamma$ -o‘tishlar va rotatsion struktura

Yadro fizikasi kontekstida “ $j$ -orbital” atamasi alohida yangi turdagi orbita mavjudligini emas, balki nuklon holatining **to‘liq impuls momenti** bilan tavsiflanishini anglatadi. Yadro ichidagi har bir proton yoki neytron orbital impuls momenti  $l$  va spin  $s=1/2$  ga ega bo‘lib, kuchli spin-orbital o‘zaro ta‘sir natijasida ushbu kattaliklar birlashib  $j=l\pm 1/2$  ko‘rinishidagi to‘liq impuls momentini hosil qiladi. Aynan shu  $j$  kvant soni yadro sathlarining energetik joylashuvi va spektroskopik xususiyatlarini belgilaydi. Shu sababli yadro fizikasi va yadro spektroskopiyasida nuklon holatlari ko‘pincha  $l$  orqali emas, balki ularning  $j$  qiymati orqali tavsiflanadi.

“Yuqori- $j$ ” orbitalar yoki holatlar deganda  $j$  qiymati katta bo‘lgan nuklon sathlari (masalan,  $h_{9/2}$ ,  $i_{13/2}$ ,  $j_{15/2}$ ) tushuniladi. Bunday holatlarda nuklonlar yadro umumiy aylanish o‘qi bo‘ylab tekislanishga moyil bo‘lib, ular yadro impuls momentiga sezilarli hissa qo‘shadi. Natijada kollektiv rotatsion harakat va yakka-zarrachali konfiguratsiyalar o‘rtasidagi muvozanat o‘zgaradi, bu esa rotatsion spektrda  $\Delta I = 1$  tipidagi  $\gamma$ -o‘tishlarning kuchayishi va “qoqilib ketish” (backbending) effekti bilan namoyon bo‘ladi. Shu bois yuqori- $j$  holatlarning o‘rganilishi og‘ir deformatsiyalangan yadrolarda rotatsion strukturaning evolyutsiyasini tushunishda muhim ilmiy ahamiyatga ega.

### 2. “Qoqilib ketish” (Backbending) effekti

Backbending effekti aylanish chastotasi bilan moment-inertsiya o‘rtasidagi bog‘lanishda keskin burilish paydo bo‘lishi bilan tavsiflanadi. Gamma-o‘tish energiyalaridagi notekisliklar va intensivliklarning o‘zgarishi bu effektdan dalolat beradi. Ushbu spektral anomaliyalar aktinoid yadrolarida yaxshi kuzatiladi va yadro strukturasi haqidagi muhim ma‘lumotlarni beradi.

### 3. Radiobiologik kontekst

Radiobiologiyada ichki nurlanish manbalari chiqaradigan fotonlarning energiya spektri hujayra va to‘qimalarda yutilgan dozani aniqlashda asosiy rol o‘ynaydi. Past energiyali  $\gamma$ -kvantlar lokal energiya yutilishini kuchaytirib, DNK shikastlanish

ehtimolini oshirishi mumkin. Shuning uchun spektral tafsilotlarni hisobga olish terapiya xavfsizligi va samaradorligini prognozlashda zarur.

## **Materiallar va metodlar**

### **1. $\gamma$ -spektroskopiya**

Tanlangan aktinoid izotoplari uchun yuqori rezolyutsiyali HPGe detektorlarda  $\gamma$ -spektrlar o'lanadi. Energiya kalibrlash standart manbalar yordamida amalga oshiriladi.  $\Delta I = 1$  o'tishlarga mos chiziqlar multipolarlik tahlili va intensivlik nisbati orqali aniqlanadi.

### **2. Dozimetrik hisoblar**

Monte-Carlo usuliga asoslangan simulyatsiyalar (MCNP yoki shunga o'xshash kodlar) yordamida organ-darajadagi va hujayra-darajadagi doza taqsimotlari hisoblanadi. Spektrdagi  $\gamma$ -chiziqlarning energetik parametrlari to'g'ridan-to'g'ri manba sifatida kiritiladi.

### **3. In vitro radiobiologik tajribalar**

Inson o'sma hujayra liniyalari va nazorat epitelial hujayralari tanlanadi. Ma'lum energiya diapazonidagi  $\gamma$ -nurlanish bilan nurlantirilgach, klonogenlik testi,  $\gamma$ -H2AX markerlari orqali DNK ikki zanjirli uzilishlar va oqim sitometriyasi yordamida hujayra o'limi tahlil qilinadi.

### **4. Statistik tahlil**

Doza-javob munosabatlari linear-quadratic model yordamida moslashtiriladi. Spektral parametrlar bilan biologik ko'rsatkichlar o'rtasida korrelyatsiya koeffitsientlari aniqlanadi.

## **Natijalar (model va kutilayotgan kuzatishlar)**

Simulyatsiyalar shuni ko'rsatadiki,  $\Delta I = 1$  o'tishlarga mos keluvchi past energiyali  $\gamma$ -chiziqlarning spektrga qo'shilishi hujayra yadrosi darajasida yutilgan dozani bir necha foizga oshirishi mumkin. Backbending bilan bog'liq intensivlik o'zgarishlari esa ayrim organlar uchun doza qayta taqsimlanishiga olib keladi. In vitro tajribalarda bunday spektral farqlar DNK shikastlanish markerlarining ortishi va klonogen omon qolishning kamayishi bilan mos kelishi kutiladi.

## **Xulosa**

Mazkur ish aktinoid izotoplarining  $\gamma$ -spektridagi  $\Delta I = 1$  o'tishlari va spektral anomaliyalar ichki nurlanish dozimetrisi hamda radiobiologik javobga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkinligini ko'rsatadi. Yadro spektroskopiyasi va radiobiologiyani integratsiyalash tibbiy radiofarmatsevtiklarni xavfsizroq va samaraliroq qilish uchun muhim yo'nalish hisoblanadi.

## **Tavsiya qilingan adabiyotlar**

1. ICRP (International Commission on Radiological Protection) — ichki nurlanish va dozimetrik tavsiyalar.
2. IAEA materiallari (radiation protection, radioisotope production).
3. Jurnallar: Radiation Research, International Journal of Radiation Oncology Biology Physics (Red Journal), Nuclear Physics A, Physical Review C.

4. Yadro spektroskopiya bo'yicha umumiy qo'llanmalar va Monte-Carlo dozimetrik manbalar.
5. Temirov F.N., Khamroyev J.K., Fayzullayev N.I., Haydarov G.S., Jalilov M.K. Hydrothermal synthesis of zeolite HSZ-30 based on kaolin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 839(4). (Scopus).
6. Temirov, F.N., Nadirbekov M.S., Kudiratov S.N.  $\Delta I = 1$  Staggering Effect in the Energy Spectrum of the  $\gamma$  Band of Heavy Even–Even Nuclei. Physics of Atomic Nuclei. 83(6), pp. 841–848. (Scopus. Webofscience).
7. Temirov F.N., Nadirbekov M.S., Kudiratov, S.N., Minkov, N. Vibrational-rotational spectra of even-even nuclei with quadrupole and octupole deformations. International Journal of Modern Physics E. 29(6). (Scopus. Webofscience).